

## 5. Klassische Silikatkeramik ('Vom Ton zur Tasse')

Vorlesung 'Vom Mineral zum Material – Angewandte Silicatchemie'

Caroline Röhr



13.07.2016

Einleitung, Übersicht

Rohstoffe

Aufbereitung der Rohstoffe, Massen-Herstellung

Formgebung

Trocknen, Brennen

Eigenschaften, Keramikarten

Zusammenfassung

Literatur

## Einleitung, Übersicht

Rohstoffe

Aufbereitung der Rohstoffe, Massen-Herstellung

Formgebung

Trocknen, Brennen

Eigenschaften, Keramikarten

Zusammenfassung

Literatur

## Was ist Keramik?

Definition I:

## Was ist Keramik?

### Definition I:

- ▶ aus mehreren, wenig definierten Stoffen bestehend
- ▶ auf wenig reproduzierbaren Wegen hergestellte
- ▶ schlecht charakterisierte Feststoffe
- ▶ mit stark variierenden Eigenschaften

## Was ist Keramik?

### Definition I:

- ▶ aus mehreren, wenig definierten Stoffen bestehend
- ▶ auf wenig reproduzierbaren Wegen hergestellte
- ▶ schlecht charakterisierte Feststoffe
- ▶ mit stark variierenden Eigenschaften

### Definition II:

- ▶ kristalline, thermisch und chemisch stabile, nichtmetallische anorganische Festkörper
- ▶ durch Hochtemperatur-Prozesse gebrauchsfertig gemacht
- ▶ Eigenschaften durch Mikrostruktur (Gefüge) bestimmt

## Einteilung von Keramiken nach Chemismus

### Tonkeramik

- ▶ wirtschaftlich wichtigste Gruppe
- ▶ Hauptbestandteil  $> 20\%$  Tonerde
- ▶ Rohstoff: feinteilige, meist feucht geformte Tone
- ▶ umfangreiche Formgebungsmöglichkeiten
- ▶ durch Glühen (Brennen) bei  $1000-1500^{\circ}\text{C}$  hergestellt

## Einteilung von Keramiken nach Chemismus

### Tonkeramik

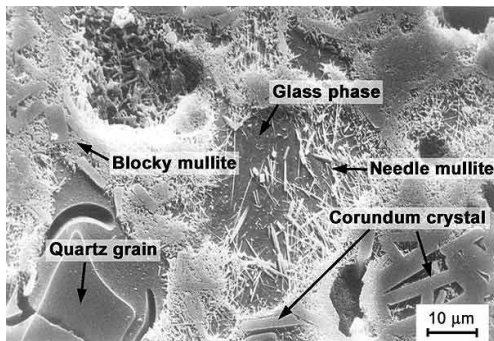
- ▶ wirtschaftlich wichtigste Gruppe
- ▶ Hauptbestandteil > 20 % Tonerde
- ▶ Rohstoff: feinteilige, meist feucht geformte Tone
- ▶ umfangreiche Formgebungsmöglichkeiten
- ▶ durch Glühen (Brennen) bei 1000-1500°C hergestellt

### Sonderkeramiken

- ▶ Oxidkeramik:  $\text{BeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$
- ▶ Elektro- und Magnetkeramiken:  $\text{BaTiO}_3$ ,  $M^{\text{II}}\text{Fe}_2\text{O}_4$  (Ferrite)
- ▶ Nichtoxidkeramiken:  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{SiC}$ ,  $\text{BN}$



## Gefüge von Tonkeramik



Bestandteile: \*

- ▶ Quarz-Körner ( $\text{SiO}_2$ )
- ▶ Korund-Kristalle ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )
- ▶ Mullit-Nadeln und -Blöcke ( $'3 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2'$ )
- ▶ Glas ( $x \text{K}_2\text{O} + y \text{SiO}_2 + z \text{Al}_2\text{O}_3$ )

\* s. Vorlage 5.2. unten

Einleitung, Übersicht

**Rohstoffe**

Aufbereitung der Rohstoffe, Massen-Herstellung

Formgebung

Trocknen, Brennen

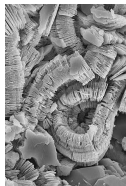
Eigenschaften, Keramikarten

Zusammenfassung

Literatur

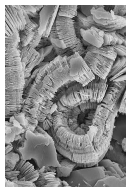
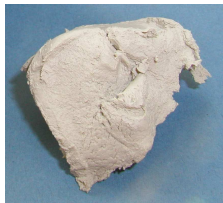
## Rohstoffe allgemein

1. Ton (Kaolinit,  $\text{Al}_2(\text{OH})_4[\text{Si}_2\text{O}_5]$ ; Illit)



## Rohstoffe allgemein

1. Ton (Kaolinit,  $\text{Al}_2(\text{OH})_4[\text{Si}_2\text{O}_5]$ ; Illit)

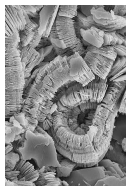
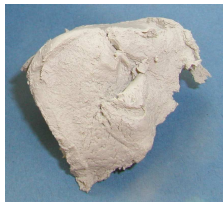


2. Flußmittel (Feldspäte, z.B.  $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ )



## Rohstoffe allgemein

1. Ton (Kaolinit,  $\text{Al}_2(\text{OH})_4[\text{Si}_2\text{O}_5]$ ; Illit)



2. Flußmittel (Feldspäte, z.B.  $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ )



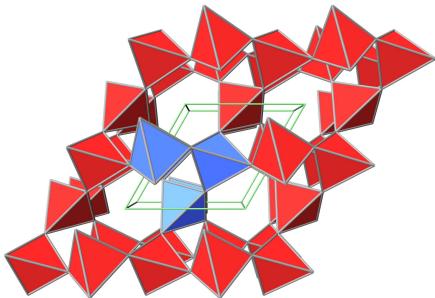
3. Magerungsmittel (Quarz,  $\text{SiO}_2$ )



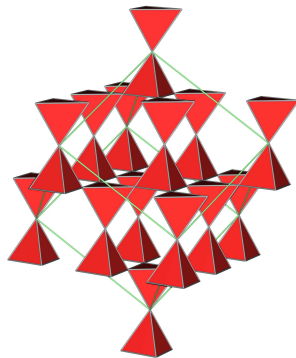
4. (ggf. Brennhilfsmittel)

### ③ Magerungsmittel: Quarz ( $\text{SiO}_2$ )

- ▶ verhindern starken Schwund beim Brennen
- ▶ Struktur:  $\text{SiO}_{4/2}$ -Tetraedergerüste



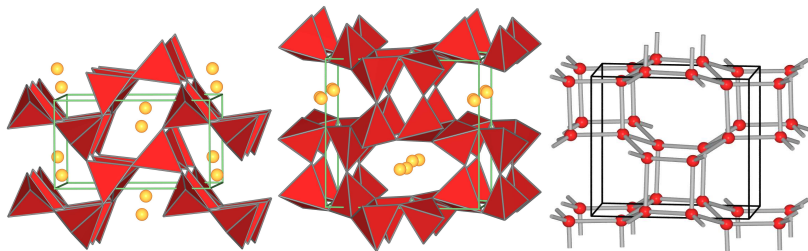
Quarz (Normaltemperaturform)



Cristobalit (> 1470°C)

## ② Flußmittel: Feldspäte

- ▶ zur Erniedrigung der Sintertemperatur, Glasbildung
- ▶ Stoffe: **Feldspäte**, z.B. Orthoklas  $K[AlSi_3O_8]$
- ▶ **Struktur**: Gerüstalumosilicate:  $K^+ + \underbrace{[AlSi_3O_8]^-}_4$



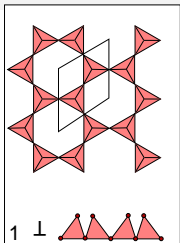
## ① Keramische Tone

keramische **Tone**  $\mapsto$  Mischung aus

1. **Kaolinit**:  $\text{Al}_2(\text{OH})_4[\text{Si}_2\text{O}_5]$ 
  - ▶ dioktaedrisches T-O-Zweischichtsilicat
  - ▶ weiss
  - ▶ sehr rein, z.B. für Porzellan: Kaolin
  - ▶ sehr dünne Blättchen (ca. 10 nm dick, einige  $\mu\text{m}$  breit)
  - ▶ Intercalation: Quellung, Schrumpfung, Bindevermögen
  - ▶ quellfähig und bildsam
  - ▶ in der Natur häufig
  - ▶ auch synthetisch herstellbar (Kieselsäure ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ) +  $\text{Al}(\text{OH})_3$ )
2. **Illit**:  $\text{K}_y(\text{H}_2\text{O})_n[\text{Al}_2(\text{OH})_2\text{Si}_{4-y}\text{Al}_y\text{O}_{10}]$ 
  - ▶  $y = 0.7$  bis  $0.9$
  - ▶ dioktaedrisches T-O-T-Dreischichtsilicat
  - ▶ gelb, rot oder braun, durch Fe auf Al-Plätzen

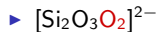
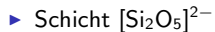
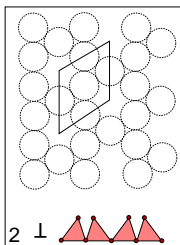
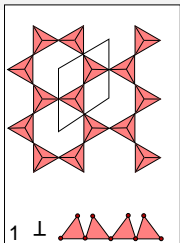


## Strukturen von Schichtsilicaten \*

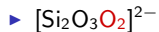
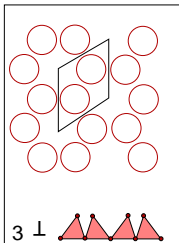
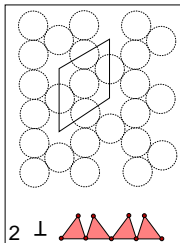
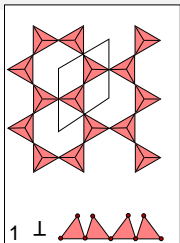


► Schicht [Si<sub>2</sub>O<sub>5</sub>]<sup>2-</sup>

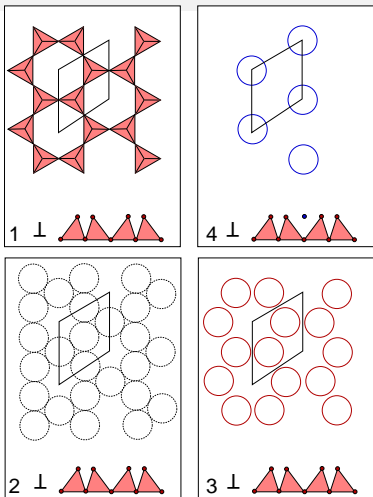
## Strukturen von Schichtsilicaten \*



## Strukturen von Schichtsilicaten \*



## Strukturen von Schichtsilicaten \*

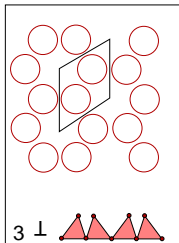
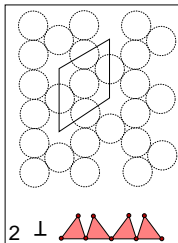
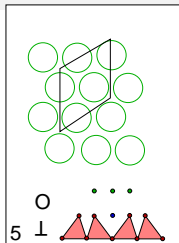
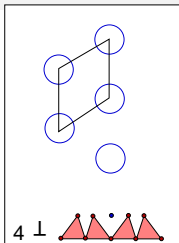
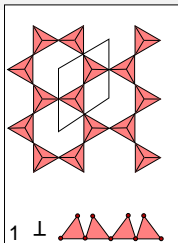


▶ Schicht  $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$

▶  $[\text{Si}_2\text{O}_3\text{O}_2]^{2-}$

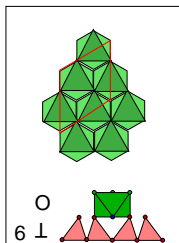
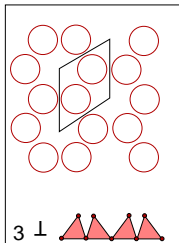
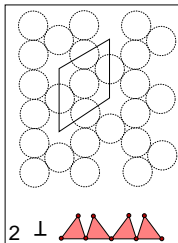
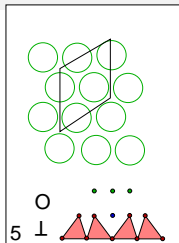
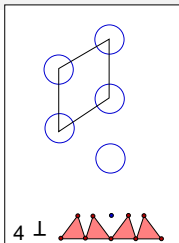
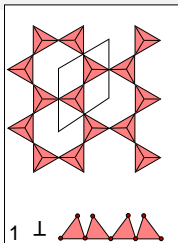
▶  $\text{OH}^-$  in Lücken

## Strukturen von Schichtsilicaten \*



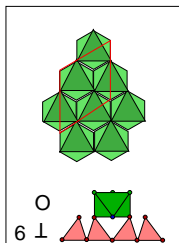
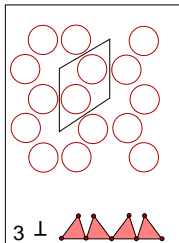
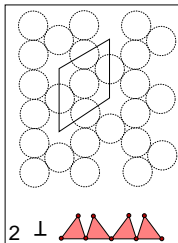
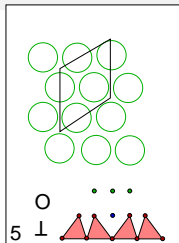
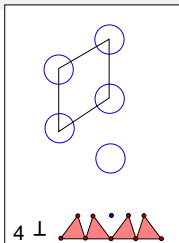
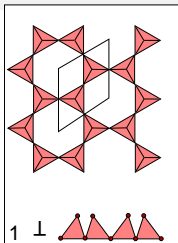
- ▶ Schicht  $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$
- ▶  $[\text{Si}_2\text{O}_3\text{O}_2]^{2-}$
- ▶  $\text{OH}^-$  in Lücken
- ▶ zweite  $\text{OH}^-$ -Schicht

## Strukturen von Schichtsilicaten \*



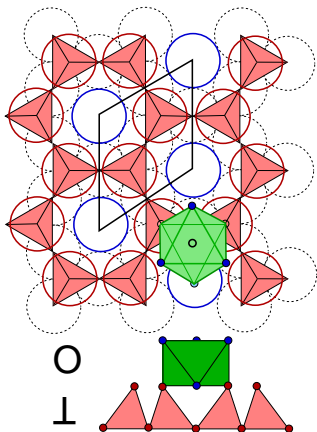
- ▶ Schicht  $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$
- ▶  $[\text{Si}_2\text{O}_3\text{O}_2]^{2-}$
- ▶  $\text{OH}^-$  in Lücken
- ▶ zweite  $\text{OH}^-$ -Schicht
- ▶ 3 Oktaeder pro Formeleinheit

## Strukturen von Schichtsilicaten \*

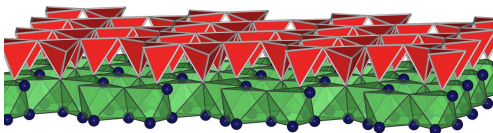


- ▶ Schicht  $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$
- ▶  $[\text{Si}_2\text{O}_3\text{O}_2]^{2-}$
- ▶  $\text{OH}^-$  in Lücken
- ▶ zweite  $\text{OH}^-$ -Schicht
- ▶ 3 Oktaeder pro Formeleinheit
- ▶ davon 2 mit  $\text{Al}^{3+}$  besetzt (dioktaedrisch)
- ▶  $\text{Al}_2(\text{OH})_4[\text{Si}_2\text{O}_5]$
- ▶ Gesamtstruktur

## Strukturen von Schichtsilicaten (Kaolinit: dioktaedrisches 2-Schichtsilicat)

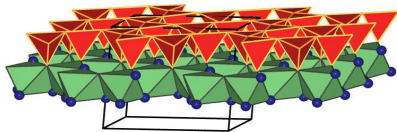
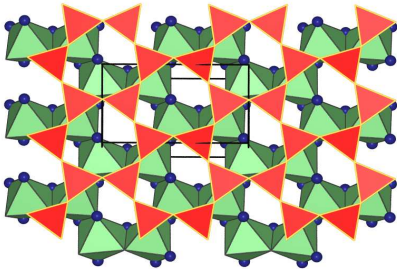


- ▶ Tetraederschicht:  $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$
- ▶  $1 \times \text{OH}^-$  in den Lücken zwischen den Tetraederspitzen
- ▶ hexagonal dichte Schicht (A)
- ▶  $3 \times \text{OH}^-$  (Schicht B)
- ▶ 2 Al in Oktaederlücken
- ▶ Summe:  $\text{Al}_2(\text{OH})_4[\text{Si}_2\text{O}_5]$

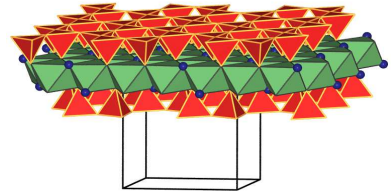
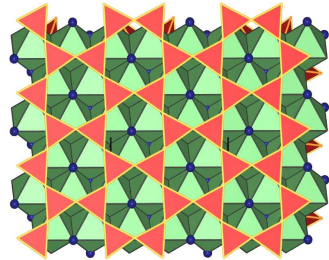
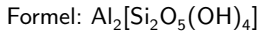




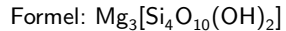
## Vergleich: Kaolinit und Talk (2/3-Schicht bzw. di/tri-oktaedrisch)



Kaolinit: dioktaedrisch, T-O 2-Schichtsilicat



Talk: trioktaedrisch, T-O-T 3-Schichtsilicat



## Einteilung natürlicher Schichtsilicate

- ▶ **T-O** (kationenreiche) Zwei-Schichtsilicate
  - ▶ OH<sup>-</sup>-Schicht (Orientierung B) auf Schicht A
  - ▶  $\mapsto$  Formel:  $[\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})(\text{OH})_3]^{6-}$
  - ▶ insgesamt 3 OL/FE zwischen A und B
- ▶ **T-O-T** (kationenarme) Drei-Schichtsilicate
  - ▶ zweite Silicat-Schicht umgekehrt (Orientierung B) auf Schicht A
  - ▶  $\mapsto$  Formel:  $[\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})^{3-}]_2 = [\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2]^{6-}$
  - ▶ wieder 3 OL/FE zwischen A und B

## Einteilung natürlicher Schichtsilicate

- ▶ **T-O** (kationenreiche) Zwei-Schichtsilicate
  - ▶ OH<sup>-</sup>-Schicht (Orientierung B) auf Schicht A
  - ▶  $\mapsto$  Formel:  $[\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})(\text{OH})_3]^{6-}$
  - ▶ insgesamt 3 OL/FE zwischen A und B
- ▶ **T-O-T** (kationenarme) Drei-Schichtsilicate
  - ▶ zweite Silicat-Schicht umgekehrt (Orientierung B) auf Schicht A
  - ▶  $\mapsto$  Formel:  $[\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})^{3-}]_2 = [\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2]^{6-}$
  - ▶ wieder 3 OL/FE zwischen A und B

↓ für beide Fälle: 3 OL/FE  $\mapsto$  Ausgleich der Schichtladung von  $-6$  durch ...

### 1. 3 2-wertige Kationen

- ▶ trioktaedrische Schichtsilicate
- ▶ z.B. Serpentin:  $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$
- ▶ Zwischenschicht entspricht dem Brucit  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  (CdI<sub>2</sub>-Typ)

### 2. 2 3-wertige Kationen

- ▶ dioktaedrische Schichtsilicate
- ▶ z.B. Kaolinit:  $\text{Al}_2[\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$
- ▶ Zwischenschicht entspricht dem Bayerit  $\text{Al}(\text{OH})_3$  (BiI<sub>3</sub>-Typ)

## zusätzliche Variationen

- ▶ partielle Si→Al-Substitution in den Silicat-Schichten (erhöhte Ladung)
- ▶ eingelagerte Kationen (z.B. Glimmer)
- ▶ Hydratation dieser Kationen (z.B. Illit)
- ▶ zwischengelagerte Metallhydroxid-Schichten (z.B. Chlorit)
- ▶ relative Anordnung der Schichten zueinander
  - ▶ Optimierung der H-Brücken-Systeme
  - ▶ Anpassung an CN der eingelagerten Kationen
- ▶ verschiedene Arten der Fehlordnung:
  - ▶ ... bei S. mit eingelagerten Kationen: Substitutionsfehlordnung (z.B. Mg-Al-Austausch bei Glimmern)
  - ▶ ... bei Kationen-armen S: Stapelung der Schichten gegeneinander (Translationsfehlordnung, 'turbostratisch') (unregelmäßige Schichtenfolge, verschobene Schichten)
- ▶ ↦ sehr starke Unterschiede in Eigenschaften und Reaktionen der Silicate

## Übersicht Schichtsilicate

tri-	Serpentin	Talk	Phlogopit	Chlorit
di-	Kaolinit	Pyrophyllit	Muskovit	Sudoit
oktaedrisch	Tonminerale	Glimmer		
	kationenreich	kationenarm		
	2-Schicht-S.	3-Schicht-S.	4-Schicht-S.	

## Übersicht Schichtsilicate

		nicht hydratisiert		hydratisiert	
S.	T ↓	dioktaedrisch	trioktaedrisch	dioktaedrisch	trioktaedrisch
2	Si	Kaolinit $Al_2[Si_2O_5(OH)_4]$	Serpentin $Mg_3[Si_2O_5(OH)_4]$	Hydrohalloysit $Al_2[Si_2O_5(OH)_4] \cdot (H_2O)_2$	–
3	Si	Pyrophyllit $Al_2[Si_4O_{10}(OH)_2]$	Talk $Mg_3[Si_4O_{10}(OH)_2]$	Montmorillonit $Mg_{0.33}Al_{1.67}[Si_4O_{10}(OH)_2] \cdot (Ca, Na)_x(H_2O)_n$	Saponit $(Mg, Fe)_3[Si_4O_{10}(OH)_2] \cdot (Ca, Na)_x(H_2O)_n$
	Si/Al	Glimmer		Vermiculit-Reihe	
		Muscovit $KAl_2[AlSi_3O_{10}(OH)_2]$	Biotit $K(Mg, Fe)_3[AlSi_3O_{10}(OH)_2]$	Illit (hydr. Muscovit) $(Mg, Al, Fe)_2[AlSi_3O_{10}(OH)_2] \cdot (Mg, Ca, K)_x(H_2O)_n$	$(Mg, Fe)_3[AlSi_3O_{10}(OH)_2] \cdot (Mg, Ca)_x(H_2O)_n$
4	Si	–			
	Si/Al	Sudoit	Chlorit	–	
		$Al_2[AlSi_3O_{10}(OH)_2] \cdot Al_{2.33}(OH)_6$	$(Mg, Fe, Al)_3[(Al/Si)_4O_{10}(OH)_2] \cdot (Mg, Fe)_3(OH)_6$	–	

## ① Keramische Tone (Wdh.)

keramische **Tone**  $\mapsto$  Mischung aus

1. **Kaolinit:**  $\text{Al}_2(\text{OH})_4[\text{Si}_2\text{O}_5]$ 
  - ▶ dioktaedrisches T-O-Zweischichtsilicat
  - ▶ weiss
  - ▶ sehr rein, z.B. für Porzellan: Kaolin
  - ▶ sehr dünne Blättchen (ca. 10 nm dick, einige  $\mu\text{m}$  breit)
  - ▶ Intercalation: Quellung, Schrumpfung, Bindevermögen
  - ▶ quellfähig und bildsam
  - ▶ in der Natur häufig
  - ▶ auch synthetisch herstellbar (Kieselsäure ( $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ) +  $\text{Al}(\text{OH})_3$ )
2. **Illit:**  $\text{K}_y(\text{H}_2\text{O})_n[\text{Al}_2(\text{OH})_2\text{Si}_{4-y}\text{Al}_y\text{O}_{10}]$ 
  - ▶  $y = 0.7$  bis  $0.9$
  - ▶ dioktaedrisches T-O-T-Dreischichtsilicat
  - ▶ gelb, rot oder braun, durch Fe auf Al-Plätzen

Einleitung, Übersicht

Rohstoffe

**Aufbereitung der Rohstoffe, Massen-Herstellung**

Formgebung

Trocknen, Brennen

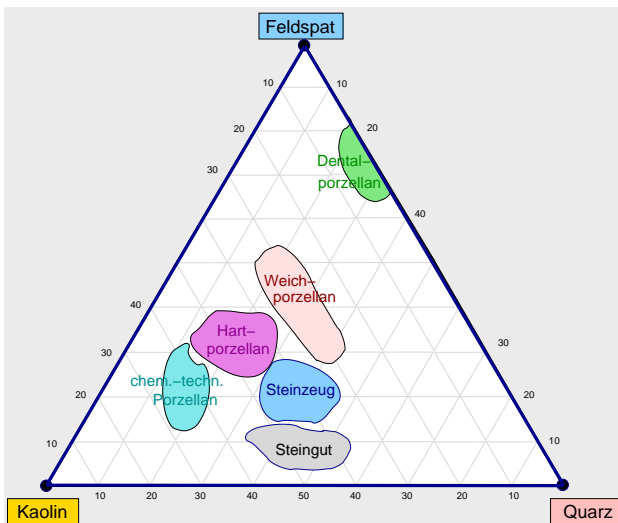
Eigenschaften, Keramikarten

Zusammenfassung

Literatur

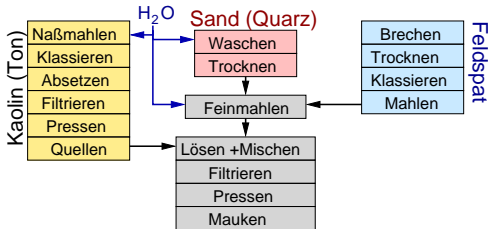


## Zusammensetzung der 'Massen'

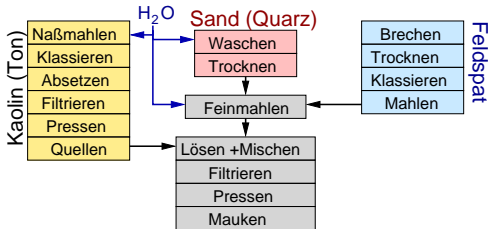


Lagediagramm Kaolin - Quarz - Feldspat

## Aufbereitung der Rohstoffe

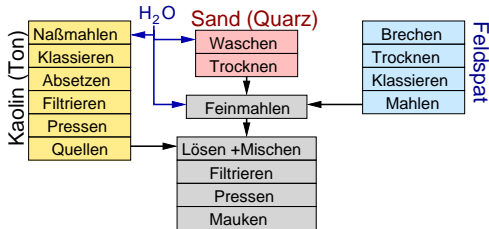


## Aufbereitung der Rohstoffe



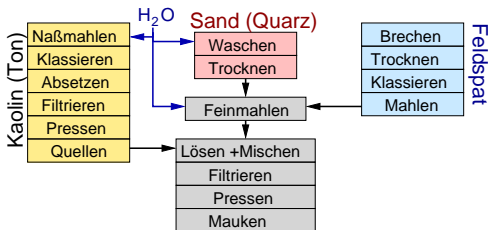
► Kaolin-Abbau im Tagebau

## Aufbereitung der Rohstoffe

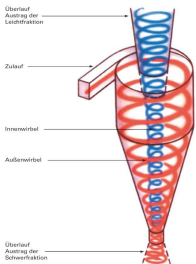


- ▶ Kaolin-Abbau im Tagebau
- ▶ Zerkleinern: Brecher, Mühlen

## Aufbereitung der Rohstoffe

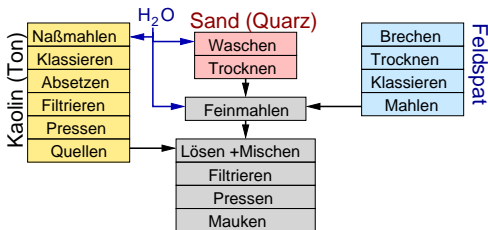


Prinzip der Wirkungsweise des Hydrozyklons



- ▶ Kaolin-Abbau im Tagebau
- ▶ Zerkleinern: Brecher, Mühlen
- ▶ Klassieren (Korngrößen:  $< 40\mu\text{m}$ )
  - ▶ Schlämmverfahren
  - ▶ Hydrozyklone

## Aufbereitung der Rohstoffe



- ▶ Kaolin-Abbau im Tagebau
- ▶ Zerkleinern: Brecher, Mühlen
- ▶ Klassieren (Korngrößen:  $< 40\mu\text{m}$ )
  - ▶ Schlämverfahren
  - ▶ Hydrozyklone
- ▶ Trocknen
  - ▶ Kläreindicker
  - ▶ Filterpressen
- ▶ Mischen: in Mühlen, Knetter usw....

Einleitung, Übersicht

Rohstoffe

Aufbereitung der Rohstoffe, Massen-Herstellung

**Formgebung**

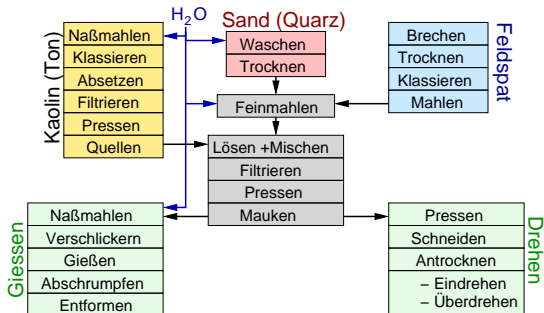
Trocknen, Brennen

Eigenschaften, Keramikarten

Zusammenfassung

Literatur

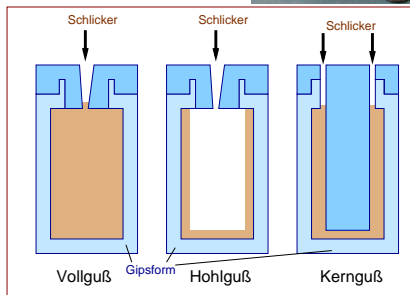
## Formgebungsverfahren



- ▶ Schlickergiessen
- ▶ Plastische Formgebung (Drehen und Rollen)
- ▶ Extrudieren
- ▶ Isostatisches Pressen
- ▶ ...

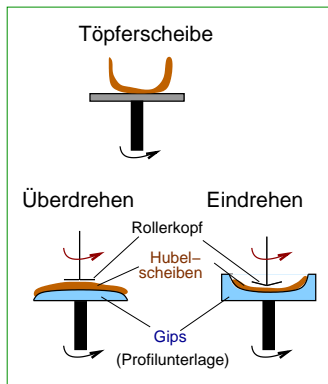


## Formgebungsverfahren I: Giessen



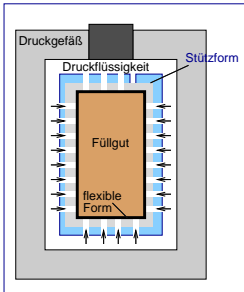
- ▶ flüssigere Gießmassen: ca. 33-36%  $H_2O$
- ▶ Vollguß, Hohlguß, Kernguß (je nach Produkt)
- ▶ Gipsformen, entziehen dem Schlicker Wasser
- ▶ Trocknungsschrumpfung (Grünling leicht aus Form ablösbar, 'Abschrumpfen')

## Formgebungsverfahren II: Plastische Formgebung (Drehen und Rollen)



- ▶ festere Massen: 22-24% H<sub>2</sub>O
- ▶ Ausnutzung der 'Bildsamkeit' (Form bleibt bestehen)
- ▶ nur für rotationssymmetrische Teile
- ▶ von Hand: Töpferscheibe
- ▶ großtechnisch:
  - ▶ Strangpressen
  - ▶ Abschnitte (Hubel) passender Größe
  - ▶ Drehverfahren (Rollerkopf schneller als Form)
    - ▶ 'Überdrehen' von Flachteilen (z.B. Teller)
    - ▶ 'Eindrehen' von Hohlteilen (Tassen, Schüsseln)

## Formgebungsverfahren III: Weitere Verfahren



Isostatisches Pressen

- ▶ Strangpressen/Extrudieren
- ▶ Pulververdichtung
  - ▶ Massen mit 1-4 % H<sub>2</sub>O
  - ▶ billig, da Trockenverarbeitung
  - ▶ Pressen
  - ▶ isostatisches Pressen:
- ▶ Spritzguss
  - ▶ für kompliziertere Teile (Elektrokeramik)
- ▶ Foliengiessen
- ▶ ...

Einleitung, Übersicht

Rohstoffe

Aufbereitung der Rohstoffe, Massen-Herstellung

Formgebung

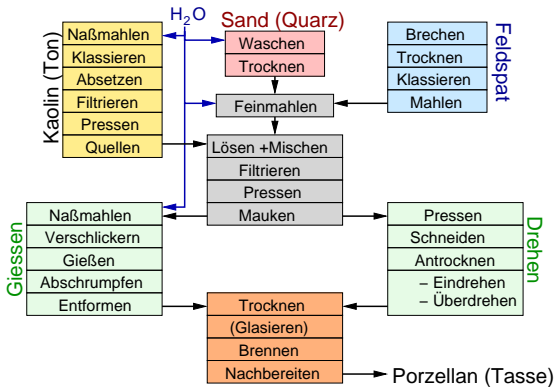
**Trocknen, Brennen**

Eigenschaften, Keramikarten

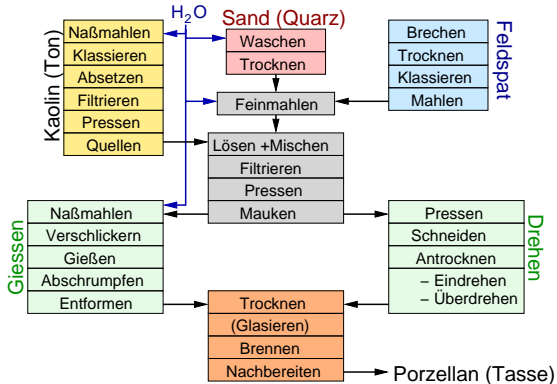
Zusammenfassung

Literatur

# Trocknung



# Trocknung



- ▶ Entfernung von  $H_2O$  oder organischer Bindemittel
- ▶ sehr langsam (bis zu 24 h, je nach Scherbandicke)
- ▶ Gefahr: Rißbildung
- ▶ Trockenschwund !

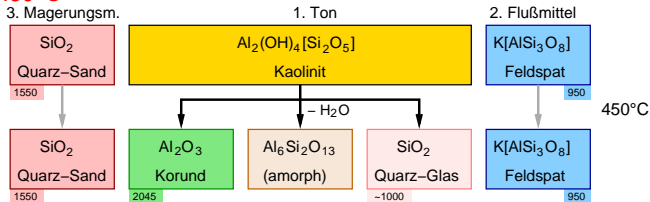
## Praxis des Brennens, Öfen



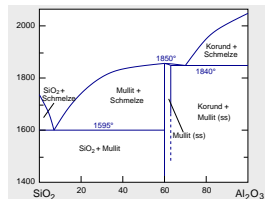
- ▶ Maximaltemperaturen: 1200 bis 1400°C
- ▶ typische Schrumpfung ca. 20%
- ▶ früher: einfache Rundöfen/Muffeln
- ▶ heute kontinuierliche Tunnelöfen
  - ▶ bis 150 m lang
  - ▶ 'Durchfahrt' des Brennguts auf Wagen (Verweilzeit: bis zu 100 h)
- ▶ auch kontinuierliche Ringöfen
  - ▶ bewegliches Feuer

## Chemische Prozesse beim Brennen

bis ca. 450°C

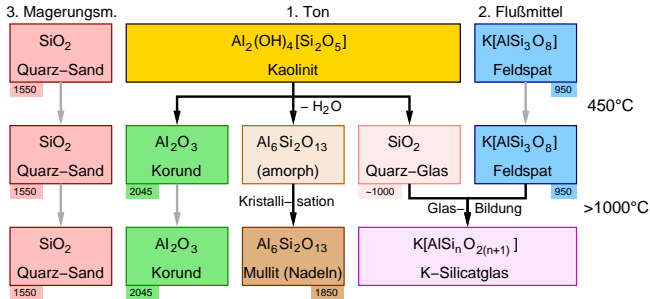


▶ ca. 20% Volumenverlust (Schrumpfung)



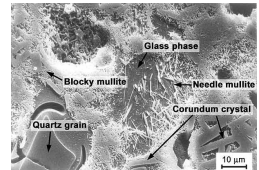


## Chemische Prozesse beim Brennen

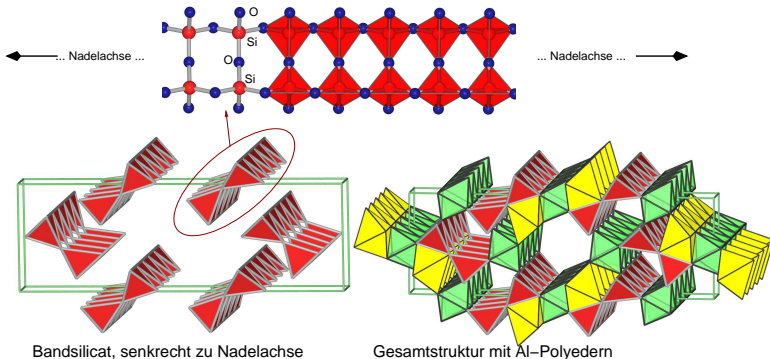


ab ca. 1000°C

- ▶ Feldspatverflüssigung: Feldspat (Flußmittel) löst alle amorphen Anteile ( $\text{SiO}_2$ -Glas + 'Mullit')
- ▶ Mullit kristallisiert Nadel-förmig (verfilzte Nadeln)
- ▶ K-Alumosilicat-Gläser 'verkitten' die Kristallite



## Mullit $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$



- ▶ Bandsilicat:  $\text{Al}_6\text{O}_8[\text{Si}_2\text{O}_5]$
- ▶  $\text{Al}^{3+}$ :
  - ▶ Oktaeder (grün, CN=6)
  - ▶ trigonalen Prismen (gelb, CN=5)
- ▶ nur Silicat und Gesamtstruktur



Einleitung, Übersicht

Rohstoffe

Aufbereitung der Rohstoffe, Massen-Herstellung

Formgebung

Trocknen, Brennen

**Eigenschaften, Keramikarten**

Zusammenfassung

Literatur

## Allgemeine Eigenschaften von Silicatkeramik

- ▶ **mechanisch:**
  - ▶ hohe Druckbelastbarkeit
  - ▶ niedrige Zugbelastbarkeit
  - ▶ sprödes Verhalten

## Allgemeine Eigenschaften von Silicatkeramik

- ▶ **mechanisch:**
  - ▶ hohe Druckbelastbarkeit
  - ▶ niedrige Zugbelastbarkeit
  - ▶ sprödes Verhalten
- ▶ **thermisch:**
  - ▶ hohe Temperatur-Beständigkeit
  - ▶ niedrige Temperatur-Wechselbeständigkeit
  - ▶ schlechte thermische Leitfähigkeit

## Allgemeine Eigenschaften von Silicatkeramik

- ▶ **mechanisch:**
  - ▶ hohe Druckbelastbarkeit
  - ▶ niedrige Zugbelastbarkeit
  - ▶ sprödes Verhalten
- ▶ **thermisch:**
  - ▶ hohe Temperatur-Beständigkeit
  - ▶ niedrige Temperatur-Wechselbeständigkeit
  - ▶ schlechte thermische Leitfähigkeit
- ▶ **elektrisch:**
  - ▶ schlechte elektrische Leitfähigkeit

## Allgemeine Eigenschaften von Silicatkeramik

- ▶ **mechanisch:**
  - ▶ hohe Druckbelastbarkeit
  - ▶ niedrige Zugbelastbarkeit
  - ▶ sprödes Verhalten
- ▶ **thermisch:**
  - ▶ hohe Temperatur-Beständigkeit
  - ▶ niedrige Temperatur-Wechselbeständigkeit
  - ▶ schlechte thermische Leitfähigkeit
- ▶ **elektrisch:**
  - ▶ schlechte elektrische Leitfähigkeit
- ▶ **chemisch:**
  - ▶ unlöslich in Wasser
  - ▶ schwerlöslich in Säuren, Basen und Salzlösungen
  - ▶ toxikologisch absolut unbedenklich

## Einteilung klassischer Silicatkeramik

... nach Korngrößen:

- ▶ grobkeramisch (Gefügebestandteile  $> 0.2$  mm)
- ▶ feinkeramisch (Gefügebestandteile  $< 0.2$  mm)

... nach Wasserdichtigkeit (WAF=Wasseraufnahme)

- ▶ porös (wasserdurchlässig) (WAF  $> 6\%$ )  $\mapsto$  Tongut
- ▶ dicht (wasserundurchlässig) (WAF  $< 6\%$ )  $\mapsto$  Tonzeug
  - ▶ Steinzeug (Scherben nicht durchscheinend)
  - ▶ Porzellan (Scherben durchscheinend)



## Tongut (porös)

### Baustoffe (dick)

- ▶ **Ziegelei-Erzeugnisse** (nicht weiß brennend)
  - ▶ z.B. (Dach)-Ziegel
  - ▶ Rohmaterial Lehm (Sand + Kaolin)
  - ▶ Verarbeitung meist in Strangpressen
  - ▶ geringe Dichte
  - ▶ gute Wärmedämmung
- ▶ **Feuerfest-Erzeugnisse**
  - ▶ z.B. Schamottsteine, Futter für Zement-Drehrohröfen
  - ▶ hoher Erweichungspunkt (1700 - 1900 °C)

### Geschirr (dünn)

- ▶ **Töpferei-Erzeugnisse** (nicht weiß brennend)
  - ▶ irdenes Haushaltsgeschirr, Blumentöpfe, Majolika, Fayencen,
  - ▶ Ofenkacheln
- ▶ **Steingut** (weiß brennend)
  - ▶ z.B. Sanitärkeramik (Kloschüsseln, Waschbecken)
  - ▶ häufig zwei Brände:
    1. 'Biskuit'-Brand
    2. Glasur- oder Glattbrand → danach dicht!

## Tonzeug (dicht)

### Baustoffe (dick)

- ▶ **Steinzeug**

- ▶ z.B. Klinker, Fliesen, Kanalrohre

### Geschirr (dünn)

- ▶ **Steinzeug:**

- ▶ gröbere Haushaltsgegenstände, Kaffeebecher usw.

- ▶ **Porzellan:**

- ▶ Hartporzellan  
(hohe Brenn-Temperatur, geringe Verzierbarkeit)
- ▶ Weichporzellan/China-Porzellan  
(niedrigere Brenn-Temperatur, bessere Verzierbarkeit)



## Zusammenfassung

- ▶ Tone (Kaolinit, ein Schichtsilicat) + Magerungsmittel (Quarz  $\text{SiO}_2$ ) + Flußmittel (Feldspat) (!alle natürlich!)
- ▶ Mahlen, Quellen  $\mapsto$  bildbare Massen
- ▶ vielfältige Formgebung (Giessen, Drehen, ...)
- ▶ Brennen
  - ▶ bis  $450^\circ\text{C}$ : Korund und Mullit/Quarz als Gläser (amorph)
  - ▶  $> 1000^\circ\text{C}$ : faserförmiger Mullit (verfilzte Nadelchen), mit Glas verkittet
- ▶ Eigenschaften
- ▶ verschiedene Silicatkeramiken und ihre Verwendung

## Literatur und Links

### ▶ Lehrbücher zur Chemie/Mineralogie

- ▶ Holleman/Wiberg: Anorganische Chemie, de Gruyter (2007).
- ▶ H.-H. Emons et al.: Technische anorganische Chemie, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie GmbH, Leipzig (1990).
- ▶ M. Okrusch, S. Matthes, Mineralogie, Springer (2013).
- ▶ F. Liebau: Structural Chemistry of Silicates, Springer (1985).

### ▶ Technologie

- ▶ K.-H. Schüller: Whitewares (2012)  
(in Ullmann: Encyclopedia of Chemical Technology, Wiley VCH).
- ▶ Winnacker/Küchler: Chemische Technologie, Bd. II, Hanser Verlag, München (2004).

### ▶ Links

- ▶ [http://ruby.chemie.uni-freiburg.de/Vorlesung/Seminare/ton\\_tasse\\_min\\_mat.pdf](http://ruby.chemie.uni-freiburg.de/Vorlesung/Seminare/ton_tasse_min_mat.pdf) (diese Präsentation)
- ▶ [http://ruby.chemie.uni-freiburg.de/Vorlesung/silicate\\_0.html](http://ruby.chemie.uni-freiburg.de/Vorlesung/silicate_0.html) (Vorlesung Silicat-Chemie, CR)
- ▶ <http://www.keramverband.de> (techn. Keramik, schöne Videos)
- ▶ <http://www.seltmann.de> (Fa. Seltmann in Weiden)